

**В.А. ПУЛЯЕВ**, д-р техн. наук, проф., зам. директора, Институт ионосферы, Харьков;

**Д.П. БЕЛОЗЕРОВ**, канд. техн. наук, м.н.с., Институт ионосферы, Харьков;

**А.Е. МИРОШНИКОВ**, м.н.с., Институт ионосферы, Харьков

## **ЗАПИСЬ ИОНОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ В ФОРМАТЕ БАЗЫ ДАННЫХ *MADRIGAL***

Рассматривается возможность записи ионосферных параметров, полученных с помощью радиолокатора некогерентного рассеяния Института ионосферы, в формате базы *Madrigal*.

**Ключові слова:** параметри іоносфери, база даних, процедури форматування масивів.

Розглядається можливість запису іоносферних параметрів, отриманих за допомогою радіолокатора некогерентного розсіяння Інституту іоносфери, у форматі бази *Madrigal*.

**Ключевые слова:** параметры ионосферы, база данных, процедуры форматирования массивов.

The capability recording of ionospheric parameters, obtained with the incoherent scatter radar the Institute of ionosphere, in *Madrigal* format is considered.

**Keywords:** ionospheric parameters, database, array format procedures.

**Введение.** *Madrigal* является научной базой данных, которая содержит информацию о верхних слоях атмосферы [1]. Данные этой базы используются в ионосферных исследованиях по всему миру. *Madrigal* является надежной World Wide Web системой, способной управлять и архивировать данные онлайн в различных форматах наземных систем наблюдений. Она включает в себя сеть сайтов научно-исследовательских организаций: Millstone Hill (США), Аресибо (Пуэрто-Рико), EISCAT (Норвегия), SRI International (США), Cornell University (США), Jicamarca (Перу), CRRL (Китай), ИСЗФ (Россия) др. С сайтов этих организаций можно получить, как данные локального характера, так и метаданные, используемые совместно организациями, входящими в данную сеть. Доступ к метаданным открыт с любого веб-сайта *Madrigal*.

**Целью статьи** является анализ формата, используемого для базы *Madrigal*, и рассмотрение возможности записи в данном формате ионосферных параметров, полученных при помощи радара некогерентного рассеяния (НР) Института ионосферы (Харьков).

**Информационный анализ.** Сведения об измеренных характеристиках сигнала рассеяния и рассчитанных с их помощью параметрах ионосферной плазмы хранятся на сайтах *Madrigal* в *CEDAR-database* формате [2].

© В.А. Пуляев, Д.П. Белозеров, А.Е. Мирошников, 2013

Согласно требованиям этого формата запись данных может осуществляться в двоичном и текстовом виде, а в целом представляет собой процедуру подготовки и фиксации на диске вводной части, одномерного массива (1-D) однозначных параметров и двумерного массива (2-D) многозначных параметров. Вводная часть должна содержать не менее чем 16 определяющих значений, а сама запись должна состоять из 7998 информационных блоков, каждое из которых представляет собой 16 полей в символьном виде или 16-разрядные целые числа в двоичном виде.

Текстовый формат используется для формирования однострочной записи. Обычно вводная часть занимает только одну строку, но в случае, если она содержит больше чем 20 полей, то превышающие поля переносятся на следующую строку. Нет никакого ограничения на количество 1-D или 2-D параметров. Массив 1-D состоит из списка кодов параметров в виде одной или более строк, сопровождаемых тем же количеством строк в виде непосредственно значений самых параметров. Массив 2-D создается точно так же, кроме случая, когда значения записаны в виде многократной строки для каждого кода параметра.

При записи данных в двоичном виде 1-D и 2-D массивы добавляются к вводной части, чтобы сформировался непрерывный массив, где все переменные представлены 16-разрядными двоичными целыми числами. На рис. 1 показан пример записи данных в двоичном формате.



Рис. 1 – Запись данных в двоичном формате

В Институте ионосферы до последнего времени функционировали те версии программы, которые позволяют преобразовывать экспериментальные результаты радара HP в *CEDAR-database* формат [3], фиксируя лишь *ограниченную* информацию, а именно:

- основные тактико-технические данные аппаратуры, используемой в эксперименте;

- полученные данные в виде сеансов измерений, содержащих первичную информацию (высотно-временное распределение автокорреляционных функций сигнала НР);
- рассчитанные высотно-временные характеристики параметров ионосферной плазмы.

The single-valued parameters for the 1 seans.				Time= 800 - 806 UT	
N	CODES	VALUE	DESCRIPTION	UNITS	
1	44	11100	Local solar time	1.E-03	hour
2	60	360	Integration time for these data	1.	s
3	115	9	Altitude averaging interval	1.	kn
4	116	7200	Additional increment to ht avgng intrvl	1.E-01	n
5	130	0	Mean azimuth angle (0=geog N, 90=east)	1.E-02	deg
6	140	9000	Elevation angle (0=horizontal, 90=vert)	1.E-02	deg
7	160	4970	Geodetic latitude of measurement	1.E-02	deg
8	170	3630	Geodetic longitude of measurement	1.E-02	deg
9	216	6570	Geomagnetic field downward inclination	1.E-02	deg
10	224	4540	Geomagnetic (centered dipole) latitude	1.E-02	deg
11	244	11770	Geomagnetic (cntrd dipol) east longitud	1.E-02	deg
12	418	28	ACF lags calculated	1.	
13	482	700	System temperature	1.	K
14	486	2600	Peak power	1.	KW
15	490	1500	Transmitted frequency	1.E+05	Hz
16	494	11	Receiver bandwidth	1.	kHz
17	530	1240	Maximum electron density	1.E+09	n-3
18	540	350	Height of maximum electron density	1.	kn

*a*

COLS:1-8	9-16	17-24	25-64	65-72	73-80
KODS(1)	44	Local solar time	1.E-03	hour	
KODS(2)	60	Integration time for these data	1.	s	
KODS(3)	115	Altitude averaging interval	1.	kn	
KODS(4)	116	Additional increment to ht avgng intrvl	1.E-01	n	
KODS(5)	130	Mean azimuth angle (0=geog N, 90=east)	1.E-02	deg	
KODS(6)	140	Elevation angle (0=horizontal, 90=vert)	1.E-02	deg	
KODS(7)	160	Geodetic latitude of measurement	1.E-02	deg	
KODS(8)	170	Geodetic longitude of measurement	1.E-02	deg	
KODS(9)	216	Geomagnetic field downward inclination	1.E-02	deg	
KODS(10)	224	Geomagnetic (centered dipole) latitude	1.E-02	deg	
KODS(11)	244	Geomagnetic (cntrd dipol) east longitude	1.E-02	deg	
KODS(12)	418	ACF lags calculated	1.		
KODS(13)	482	System temperature	1.	K	
KODS(14)	486	Peak power	1.	KW	
KODS(15)	490	Transmitted frequency	1.E+05	Hz	
KODS(16)	494	Receiver bandwidth	1.	kHz	
KODS(17)	530	Maximum electron density	1.E+09	n-3	
KODS(18)	540	Height of maximum electron density	1.	kn	
KODM(1)	-660	Composition - (H+)/Ne error	1.E-03		
KODM(2)	-650	Composition - (He+)/Ne error	1.E-03		
KODM(3)	-500	Line of sight ion velocity error	1.E+00	n/s	
KODM(4)	-560	Electron temperature error	1	K	
KODM(5)	-550	Ion temperature error	1	K	
KODM(6)	-520	Log10(Ne in n-3) error	1.E-03	lg(n-3)	
KODM(7)	120	Range	1.	kn	
KODM(8)	121	Additional increment to range	1.E-01	n	
KODM(9)	410	Signal to noise ratio	1.E-02		
KODM(10)	520	Log10(Ne in n-3)	1.E-03	lg(n-3)	
KODM(11)	550	Ion temperature	1	K	
KODM(12)	560	Electron temperature	1	K	
KODM(13)	500	Line of sight ion velocity (pos = away)	1.E+00	n/s	
KODM(14)	620	Composition - (O+)/Ne	1.E-03		
KODM(15)	650	Composition - (He+)/Ne	1.E-03		
KODM(16)	660	Composition - (H+)/Ne	1.E-03		
KODM(17)	3800	Scaled real ACF at zero lag	1.		
KODM(18)	3801	Normalized real ACF at lag 1	1.E-04		
KODM(19)	3802	Normalized real ACF at lag 2	1.E-04		
KODM(20)	3803	Normalized real ACF at lag 3	1.E-04		
KODM(33)	3901	Normalized imaginary ACF at lag 1	1.E-04		
KODM(34)	3902	Normalized imaginary ACF at lag 2	1.E-04		
KODM(35)	3903	Normalized imaginary ACF at lag 3	1.E-04		

*б*

Рис. 2 – Пример организации записи массивов данных в *CEDAR-database* формате:  
*a* – одномерного, *б* – многомерного [3]

Реализация такого преобразования и подготовка данных выполнялись путем записи массивов усеченного вида (рис. 2) с наиболее полной минимизацией информационных объемов, что позволяло сформировать файловую структуру и расположить данные на носителе наиболее рациональным образом.

В табл. 1. приведен *полный* перечень информации о формате данных *Madrigal* (значения всех возможных кодов параметров и форматы их записи). Данные требования необходимо учесть при формировании структуры локальной базы данных, в настоящее время разрабатываемой в Институте ионосферы, которая позволит систематизировать и сформировать полноценный архив результатов ионосферных экспериментов над Украиной с использованием метода НР.

Таблица – Формат базы данных *Madrigal*

Зна- чение	Описание	Единица измерения
<i>Коды, зависящие от времени</i>		
9	Год начала измерений (UT)	1. год
10	Год	1. год
19	Месяц/день начала измерений (UT)	1. м/д
20	Месяц/день	1. м/д
21	День года	1. день
28	Час/мин начала измерений (UT)	1. ч/м
29	Начальное доп. приращение к Ч/М	1.E-02 сек
30	Час/мин	1. ч/м
34	Время после 00.00 UT	1.E+03 час
36	Время после 00.00 UT	1.E+01 сек
44	Местное солнечное время	1.E-03 час
47	Местное солнечное время в точке сопряжения	1.E-07 час
54	Местное магнитное время	1.E-03 час
60	Время интеграции для этих данных	1. сек
70	Интервал выборки	1. сек
<i>Коды географических координат</i>		
106	Минимальная высота	1. км
108	Максимальная высота	1. км
110	Высота	1. км
115	Интервал усреднения высоты	1. км
120	Дальность	1. км
125	Ширина секторного импульса дальности	1. км
130	Значение азимута (0=географ.север; 90=восток)	1.E-02 град
132	Начальный азимут (0=географ.север; 90=восток)	1.E-02 град
133	Конечный азимут (0=географ.север; 90=восток)	1.E-02 град
135	Вариация азимута (конечный-начальный)	1.E-02 град
140	Угол наклона (0=горизонт; 90=вертикаль)	1.E-02 град
142	Начальный угол наклона	1.E-02 град
143	Конечный угол наклона	1.E-02 град
145	Вариация угла наклона (конечный-начальный)	1.E-02 град

150	Расстояние от точки 153,156 в направлении 130	1. км
153	Эталон геодезической широты (NHEMI=POS)	1.E-02 град
156	Эталон геодезической долготы	1.E-02 град
160	Геодезическая широта измерений	1.E-02 град
170	Геодезическая долгота измерений	1.E-02 град
180	Угол солнечного зенита в объеме измерений	1.E-02 град
183	Угол сопряжения солнечного зенита	1.E-02 град
186	Высота тени	1. км
190	Половина угла рассеяния (бистат. система)	1.E-02 град
<i>Коды магнитных координат</i>		
204	Северная составл. геомагнитного поля	1.E-08 Тл
206	Восточная составл. геомагнитного поля	1.E-08 Тл
208	Нисходящая составл. геомагнитного поля	1.E-08 Тл
210	Сила геомагнитного поля	1.E-08 Тл
213	Восточное склонение геомагн. поля	1.E-02 град
216	Нисходящее наклонение геомагн. поля	1.E-02 град
218	Значение L в объеме зондирования	1.E-02
220	Широта диполя в объеме измерения	1.E-02 град
222	Инвариантная широта в объеме измерения	1.E-02 град
224	Геомагнитная широта (центрированный диполь)	1.E-02 град
226	Верхняя широта в объеме измерения	1.E-02 град
244	Геомагн. восточная долгота (центриров. диполь)	1.E-02 град
246	Верхняя долгота в объеме измерения	1.E-02 град
<i>Геофизические индексы</i>		
310	KP индекс	1.E-01
320	AE индекс	1. NT
330	DST индекс	1. NT
340	AP индекс	1.
341	AA индекс	1.
350	F10.7 солнечный поток (SA)	1.E-22 Вт/м <sup>2</sup> /Гц
360	Число солнечных пятен	1.
<i>Параметры, относящиеся к качеству данных</i>		
402	Длина импульса	1.E-06 сек
404	Время выборки концентрации	1.E-06 сек
406	Время спектральной выборки	1.E-06 сек
410	Отношение сигнал/шум	1.E-02
411	Отношение сигнал/шум	1.E-03
412	log10 (отношения сигнал/шум)	1.E-03
414	Выборки, используемые в среднее время	1.E+04
415	Приращения к выборкам в среднее время	1.
417	Выборки, используемые в преобразовании Фурье	1.
418	Вычисленные задержки АКФ	1.
420	Уменьшенный CHI от FIT	1.E-03
430	Качество FIT	1.
482	Температура системы	1. К
484	Температура калибровки	1. К
486	Пиковая мощность	1. КВт
490	Частота передачи	1.E+05 Гц
492	Сдвиг полученной доплеровской частоты	1. Гц
494	Ширина полосы приемника	1. КГц
496	Время задержки приемника	1.E-06 сек

<i>Основные параметры радиолокатора НР</i>		
500	Концентрация электронов ( $T_e/T_i=1$ ) (без коррекции)	1.E+09 м <sup>-3</sup>
505	Log10 (концентрация электронов без коррекции)	1.E-03 log(м <sup>-3</sup> )
510	Концентрация электронов, Ne	1.E+09 м <sup>-3</sup>
511	Дополнит. приращение к коду 510, Ne	1.E+05 м <sup>-3</sup>
512	Концентрация электронов, Ne	1.E+08 м <sup>-3</sup>
520	Log10 (Ne в м <sup>-3</sup> )	1.E-03 log(м <sup>-3</sup> )
530	Максимальная электронная концентрация	1.E+09 м <sup>-3</sup>
535	Log10(max Ne в м <sup>-3</sup> )	1.E-03 log(м <sup>-3</sup> )
540	Высота максимальной электронной концентрации	1. км
550	Температура ионов, T <sub>i</sub>	1. К
560	Температура электронов, T <sub>e</sub>	1. К
570	Отношение температур, T <sub>e</sub> /T <sub>i</sub>	1.E-03
580	Скорость ионов в пределах прямой видимости	1. м/с
590	Биссект. ионной скорости (бистабильная система)	1. м/с
600	Направление скорости-локальный азимут	1.E-02 град
610	Направление скорости локальная высота	1.E-02 град
620	Относительная концентрация [O <sup>+</sup> ]/Ne	1.E-03
630	Относительная концентрация [NO <sup>+</sup> ]/Ne	1.E-03
640	Относительная концентрация [O <sub>2</sub> <sup>+</sup> ]/Ne	1.E-03
650	Относительная концентрация [HE <sup>+</sup> ]/Ne	1.E-03
660	Относительная концентрация [H <sup>+</sup> ]/Ne	1.E-03
690	Относительная концентрация [вес ионов от 28 до 32]/Ne	1.E-03
691	Средний мол. вес-ионы с мол. весом от 28 до 32	1.E-02 АЕМ
710	Частота столкновений ионов с нейтр. частицами	1. с <sup>-1</sup>
720	Log10 (частота столкн. ионов с нейтр. частицами)	1.E-03 log(с <sup>-1</sup> )
<i>Параметры нейтральной атмосферы</i>		
810	Температура нейтральной атмосферы, T <sub>N</sub>	1. К
820	Температура экзосферы, T <sub>INE</sub>	1. К
830	Log10 (плотности нейтр. атмосф. массы в кг/м <sup>3</sup> )	1.E-03
840	Log10 (плотности нейтр. атмосф. числа в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
850	Состав нейтр. атмосферы - log([N <sub>2</sub> ] в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
860	Состав нейтр. атмосферы - log([O <sub>2</sub> ] в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
870	Состав нейтр. атмосферы - log([O] в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
880	Состав нейтр.атмосферы - log([AR] в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
890	Состав нейтр.атмосферы - log([HE] в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
900	Состав нейтр.атмосферы - log([H] в м <sup>-3</sup> )	1.E-03
910	Log10 (давление в Па) нейтральной атмосферы	1.E-03
920	Высотный масштаб давления	1.E+01 м
<i>Векторные величины</i>		
1210	Скорость ионов в направлении 1	1. м/с
1410	Нейтральный ветер в направлении 1	1. м/с
1810	Плотность эл.тока в направлении 1	1.E-08 А/м <sup>2</sup>
1910	Интеграл по высоте: плотн. тока в напр. 1	1.E-03 А/м
1940	Лин. интеграл поля (1 НЕМТ): плотн. тока в напр. 4	1.E-03 А/м
<i>Энергетические параметры</i>		
2110	Скорость осаждения энергии частицы	1.E-08 Вт/м <sup>3</sup>
2120	Скорость осаждения Джоулевой энергии	1.E-08 Вт/м <sup>3</sup>
2140	Интеграл по высоте: скорость осаждения эл. частиц	1.E-04 Вт/м <sup>2</sup>
2150	Интеграл по высоте: скорость осаждения Джоуля эн.	1.E-04 Вт/м <sup>2</sup>
2170	Лин. интеграл поля (1 НЕМТ): скор. осажд. эн. частиц	1.E-04 Вт/м <sup>2</sup>

2180	Лин. интеграл поля (1 НЕМІ): скор. осажд. эн. Джоуля	1.E-04 Вт/м <sup>2</sup>
<i>Автокорреляционная функция</i>		
3800	Масштабированная АКФ при нулевой задержке	1.
3801	Нормированная реальная АКФ при задержке 1	1.E-04
3802	Нормированная реальная АКФ при задержке 2	1.E-04
...	...	...
3834	Нормированная реальная АКФ при задержке 34	1 .E-04
3900	Коэффициент сигнала для АКФ при нулевой задержке	1.
3901	Нормированная мнимая АКФ при задержке 1	1.E-04
3902	Нормированная мнимая АКФ при задержке 2	1.E-04
.....	.....	.....
3939	Нормированная мнимая АКФ при задержке 34	1.E-04

**Выводы.** В статье приведено описание и перечень позиций *CEDAR-database* формата данных международной базы *Madrigal*, в котором задаются требования к передаче в электронный архив ионосферной информации в виде параметров плазмы и сопровождающей эксперимент информации. Для поддержки такого формата необходима разработка программ конвертации и записи данных, получаемых на радаре НР Института ионосферы, чтобы иметь возможность организации дальнейшего обмена результатами экспериментов с исследователями других стран.

**Список литературы:** 1. [Электронный ресурс]: <http://cedar.openmadrigal.org> 2. *CEDAR DATA BASE FORMAT* // Contents. – USA: National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, 80307. – May 2003. – 132 с. 3. *Pulyayev V.A.* Kharkov's incoherent scatter radar: the data parameters for the CEDAR DATA BASE // Proc. the Incoherent Scatter Radar Working Group Workshop: Incoherent scatter. – USA: Millstone-Hill. – 1999. – С. 19-23.

Поступила в редколлегию 01. 04. 2013